

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 0 月 1 7 日
Date of Application:

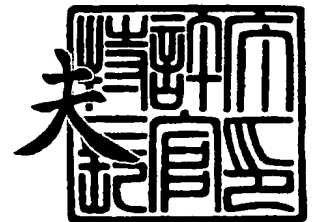
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 3 5 7 5 9 1
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 3 5 7 5 9 1]

出 願 人 三 菱 電 機 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 1 月 1 1 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 9 3 1 4 8

【書類名】 特許願
【整理番号】 543841JP02
【提出日】 平成15年10月17日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01L 25/00
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
 【氏名】 前田 晃
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
 【氏名】 前川 武之
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
 【氏名】 松野 繁
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
 【氏名】 小澤 拓生
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
 【氏名】 曾根 孝典
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
 【氏名】 宮下 章志
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
 【氏名】 畑中 康道
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
 【氏名】 小山 正人
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
 【氏名】 長嶺 高宏
【発明者】
 【住所又は居所】 長野市若里4-17-1 信州大学内
 【氏名】 新井 進
【特許出願人】
 【識別番号】 000006013
 【氏名又は名称】 三菱電機株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100102439
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 宮田 金雄
【選任した代理人】
 【識別番号】 100092462
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 高瀬 彌平
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2003- 58249
 【出願日】 平成15年 3月 5日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011394

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 特許請求の範囲 1

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704079

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

基体上の配線に設けられ、多層の金属層からなる金属電極であって、上記多層の金属層を上記金属電極の最表面から上記基体へ向かって第 1 層から順次採番して、上記第 1 層が錫（S n）を主成分とし、上記第 2 層が S n と共晶反応を生じる金属元素を含有し、かつ上記第 1 層の融点が上記第 2 層の融点より高いことを特徴とする金属電極。

【請求項 2】

S n と共晶反応を生じる金属がインジウム（I n）であることを特徴とする請求項 1 に記載の金属電極。

【請求項 3】

S n との共晶温度が 2 2 1 ℃ 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の金属電極。

【請求項 4】

基体上の A l を主成分とする配線層に設けられ、5 層の金属層からなる請求項 1 に記載の金属電極であって、第 3 層が銅（C u）を主成分とした金属層、第 4 層が金（A u）を主成分とした金属層、第 5 層がニッケル（N i）を主成分とした金属層であることを特徴とする金属電極。

【請求項 5】

第 1 層ないし第 5 層の金属層が無電解めっきにより形成されていることを特徴とする請求項 4 に記載の金属電極。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の金属電極と、加熱により S n と拡散する材料を被接合面とする被接合部材とを当接し、上記金属電極の第 1 層と第 2 層とで生じる共晶反応温度の中で、その最も低い温度以上、かつ上記第 1 層の融点未満で加熱する接合方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】金属電極とこれを用いた接合方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体装置や電子部品の接合の電極端子となる金属電極とこれを用いた接合方法に関し、より詳しくは、半導体装置同士、電子部品同士、半導体装置と電子部品とを接合させる金属電極とこれを用いた接合方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

情報の高速伝送化ニーズを背景に、電子部品の電極端子は益々狭ピッチ化、微小化しており、これに対応した微細接合技術の開発が急務となっている。

昨今の低コスト化の流れから電子部品の耐熱温度は低くなってきており、また電子部品へのダメージや接合後の接合物の反り低減の観点からも、接合温度の低温化が急務となり、現行よりも低温で接合したいといったニーズがある。

【0003】

また、半導体装置には、チップサイズを大きくせずにできるだけ高機能化を実現するための多ピン化、これに伴う狭ピッチ化の技術トレンドがあり、各電極の高さばらつきを吸収したり、後から接合部強化のために供給する樹脂が入り易くなる等のために、必要量以上の高さのはんだを供給していた。

そこで、高融点のはんだボールの表面に、これと共晶反応を生ずる低融点金属層を備えた構造の電極を用いて、上記共晶温度以上でかつ高融点のはんだの融点未満の温度で加熱することにより、配線近傍のはんだを熔融させず、つまり熔融量を低減して比較的低温で接合させる方法が開示されている。（例えば、特許文献1参照）。

【0004】

また、金属電極表面に、これと接合される被接合部材の金属元素を含有した化合物層を形成させることにより、できるだけ低融点で接合でき、接合後の再熔融温度を高くするために、例えば、電極表面のSn層の上に、被接合部材のCuを蒸着することによりCu₆Sn₅層を形成させた電極構造が開示されている。（例えば、非特許文献1参照）。

【0005】

【特許文献1】特許公報第3024097号（第1頁）

【非特許文献1】「Electronic Components and Technology Conference」、米国、1998、p. 284-291

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記半導体装置と基板とをフリップチップ接合する方法として、予め接合する電極周辺に還元成分含有樹脂を備えておき、加熱と加重を同時に行いながら、ゲル状の樹脂をよけて半導体装置と基板の電極表面同士を接触させた後に、樹脂の成分ではんだ表面の酸化膜を除去しながら熔融接合と樹脂硬化とをほぼ同時に行う方法があるが、この方法では、加熱により電極表面が熔融する前に、ゲル状の樹脂を除去して上記半導体装置の電極が基板の電極表面に接触する必要がある。

しかし、上記特許文献1に記載の方法では、低融点層が最表面にあるので、加熱時に熔融のはんだの粘度が低くて樹脂の粘度を下回り、樹脂を除去しきれずに樹脂を巻き込み未接合となる危険性が高くなるという課題があった。

なお、上記接合信頼性の低下は、電極形成後に室温暴露時間が経過するほど顕著となり長期保存性に劣る。

【0007】

また、上記非特許文献1に記載の方法では、第1層としてのCu₆Sn₅（上記非特許文献からの推定融点は415℃）の融点が、下地層のSn層よりも高いが、Cu₆Sn₅とSnとの共晶温度が227℃であることから、現行はんだ（Sn-37Pbはんだの融

点: 183℃、Sn-3.5Ag はんだの融点: 221℃) よりも接合温度が高くなってしまふ。

また、金属間化合物である Cu_6Sn_5 の硬さは、ヌーブ硬さで Sn が 7 であることに對して 76 {「日本電子材料技術協会会報」、1984、Vol. 16、p 30} と非常に大きいことから、特に多ピンの場合の接合時に電極表面を全て接触させるために高荷重が必要となる。

さらに、化学的に安定であることから酸化膜の除去に時間を要し、反り増大や加熱による部品のダメージおよび接合信頼性に懸念がある。

【0008】

本発明は、かかる課題を解決するためになされたものであり、低温かつ低荷重で、溶融量を低減した接合が可能で、かつ長期保存性に優れた金属電極とこれを用いた接合方法を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明に係る第 1 の金属電極は、基体上の配線に設けられ、多層の金属層からなる金属電極であって、上記多層の金属層を上記金属電極の最表面から上記基体へ向かって第 1 層から順次採番して、上記第 1 層が錫 (Sn) を主成分とし、上記第 2 層が Sn と共晶反応を生じる金属元素を含有し、かつ上記第 1 層の融点が上記第 2 層の融点より高いものである。

【発明の効果】

【0010】

本発明の第 1 の金属電極は、基体上の配線に設けられ、多層の金属層からなる金属電極であって、上記多層の金属層を上記金属電極の最表面から上記基体へ向かって第 1 層から順次採番して、上記第 1 層が錫 (Sn) を主成分とし、上記第 2 層が Sn と共晶反応を生じる金属元素を含有し、かつ上記第 1 層の融点が上記第 2 層の融点より高いもので、低温かつ低荷重で、溶融量を低減した接合が可能で、かつ長期保存性に優れるという効果がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

実施の形態 1.

図 1 (a)、(b) は基体 1 上の配線 12 に設けられた、本発明の第 1 の実施の形態の金属電極 2 が電極端子となって被接合部材 4 と接合する接合工程を説明する断面図であり、(a) は接合前、(b) は接合後の状態を示す。

金属電極 2 は、基体 1 に設けられ、最表面から上記基体 1 に向かって第 1 層 21 と第 2 層 22 と第 3 層 23 とが積層されたもので、第 1 層 21 は錫 (Sn) を主成分とし、第 2 層 22 が Sn と共晶反応を生じる金属元素を含有し、かつ上記第 1 層 21 の融点が第 2 層 22 の融点より高いもので、第 3 層 23 は下地電極として設けたものである。

【0012】

一方、被接合部材 4 は Si または有機基材を主原料とした被接合部材本体 6 に Al または Cu を主成分とする配線層 7 が配されており、レジスト等の有機材料 8 を用いて所定位置に所定形状で開口電極 9 が形成され、ここに、フラックスを塗布したり、はんだをめっき等で供給したり、さらに Ni または Au の電解めっきや無電解めっきにより Ni 膜または Au 膜を形成している。なお、上記金属電極 2 と接合される被接合部材 4 の被接合面 (図 1 では配線層 7) は、Sn と拡散反応を生じる元素であれば何でもよい。

本実施の形態において、金属電極 2 が設けられる基体 1 としては、例えば半導体基板または高分子フィルム等の有機基板があるが、図 1 において、基体 1 が半導体基板である場合は上記金属電極 2 が半導体装置 13 の接続に用いられる場合であり、高分子フィルムである場合は上記金属電極が携帯電話等に用いられるパターン付きフィルム等の電子部品 13 の接続に用いられる場合となる。

また、上記被接合部材が上記半導体装置や電子部品であれば、上記金属電極により半導

体装置同士、電子部品同士、半導体装置と電子部品とを接合させることになる。

【0013】

また、図2(a)、(b)は、図1に示した被接合部材4の具体的な構成を示す断面図であり、(a)は開口部9の表面に、例えば無電解めっきにより $5\mu\text{m}$ 厚程度のNi-P膜、さらにその上に無電解めっきにより $0.05\mu\text{m}$ 厚程度のAu膜を形成してなる金属層10aを有機材料8の高さ以下に被覆した例、(b)は開口部9の表面に、はんだペースト印刷や溶融はんだ浴に浸漬することにより、有機材料8の高さ以上に電極10bを形成した例である。

【0014】

本実施の形態に係る金属電極2において、第1層21を、Snを主成分とした層とすることにより、最表面の酸化膜は SnO/SnO_2 が支配的となり、現行の酸化膜除去法(フラックス、機械的応力、還元性雰囲気中加熱、還元成分含有樹脂接触加熱等)が適用可能であるため、酸化膜の除去が容易にしかも確実に行えるので、不十分な酸化膜除去によりボイドが発生し、接合不良が生じるのが防止され、高信頼に接合することが可能となる。これが現行並みの長期保存性を有することはいうまでもない。

【0015】

また、第2層22を第1層21と共晶反応を生じる元素を含有した層とすることで、低温で接合することが可能となる。

また、接合部19の組成は第1層21と第2層22の組成または厚さで制御でき、またそれにより接合時の溶融量を制御することが可能で、隣接電極との接触危険性を著しく低下させることで高信頼な接合部を得ることができる。

【0016】

さらに、第1層21の融点が第2層22の融点より高いことから、還元成分を含有した樹脂を用いて接合する場合において、第1層の溶融までに必要な時間が長くなり、これによって金属電極の溶融部分の粘度が充分低下する前に、上記被接合部材の接合面が上記金属電極の表面と接触することが可能となり、樹脂の巻き込みによる接合不良が生じにくくなって、高信頼な接合部を得ることができる。

これによって接合に要する時間が若干長くなるが、数秒～数十秒程度の短時間における差なので工業的には全く問題ない。

【0017】

すなわち、以上のように、本実施の形態の金属電極は、電極側壁側での低融点金属元素の露出による酸化が防止されるので長期保存性に優れ、また、低温で良好な接合が可能で、電極間接合時にボイド等を発生させる危険性や、隣接する電極同士の接触の危険性が低減されるという効果がある。

【0018】

なお、本実施の形態の金属電極に示すように、例えばバリアメタルや高さ調整のために下地電極層23として、第2層22と半導体装置本体1との間に、必要に応じて第1層21以上の融点を有する金属、例えばNi、Cu、CrまたはTi等を設けても上記と同様の効果が得られる。

【0019】

実施の形態2.

第1の実施の形態の金属電極において、第2の層の金属がInを含有すると、スパッタ法やめっき法等成膜プロセスも確立されているとともに、ブリネル硬さでSnが5.3であるのに対して、Inは0.9である(「金属データブック」、丸善(株)、改訂第3版第4刷、平成9年4月10日、p.165)ように、非常に軟らかい金属であるので、比較的低荷重で塑性変形するため、特に多数の電極同士を同時に接合する際には、全電極を接触させるために必要な荷重を低くすることが可能となる。In単独で形成すると、その効果は一層顕著となる。

即ち、図1に示す金属電極の代わりに、電解めっきにより各々 $40\mu\text{m}$ 厚のIn、Bi、Cu、Ag、AuまたはNi膜を形成したものと、開口径を $\phi 150\mu\text{m}$ として表面に

浸漬により高さ約 $50\ \mu\text{m}$ となるように $\text{Sn}-3.0\text{Ag}-0.5\text{Cu}$ (wt%) はんだを被覆した被接合部材とをフリップチップボンダを用いて位置あわせして接合したが、上記金属電極を In で形成した場合が最も低い温度でかつ低荷重で接合できることを確認した。

【0020】

また、 In は Sn との相互拡散によって 120°C 近傍で共晶反応を生じ、 Sn を主成分とする層をその融点よりも低い温度で溶融させることができ、さらに Sn と相互拡散して共晶反応を生じる元素の中で毒性が低く、環境に優しい。

また、 In は Au 、 Ni 、 Cu 、または Ag 等の高融点金属とも相互拡散して、その融点を比較的短時間で低融点化させることができるので、被接合部材の上記金属電極との被接合面が上記高融点金属である場合も接合が容易で確実となる。

ただしコストおよび再溶融温度の観点からは、 In と共晶反応を生じる元素に対する比率が $10\text{wt}\%$ 以下であることが望ましい。

【0021】

実施の形態 3.

図 3 は基体 1 上の配線層 12 に設けられた、本発明の第 3 の実施の形態の金属電極の断面図である。

つまり、金属電極は、基体 1 の Al を主成分とする配線層 12 に、最表面から上記基体 1 に向かって第 1 層 21 から第 5 層 33 までを順次積層したものである。

上記第 1 層 21 および第 2 層 22 は、それぞれ上記実施の形態 1 における第 1 層、第 2 層と同等で、下地金属層 23 は第 3 層 31、第 4 層 32、第 5 層 33 を積層したもので、上記第 3 層として銅 (Cu) を主成分とした金属層 31、第 4 層として金 (Au) を主成分とした金属層 32、第 5 層としてニッケル (Ni) を主成分とした金属層 33 を形成したもので、上記下地層 23 によりバリアメタルや高さ調整が可能となる。

【0022】

ところで、電解めっきにより電極を形成した場合、これは金属を電気の力で析出させるため、パターンや大きさの違う開口部またはウエハの中央部と端部等、位置の違いで電流密度が異なり、電極高さや組成等の不均一さが現れる。

これを解決するために、無電解めっきにより電極を形成すると、金属の析出電位の関係上、ある金属上には析出するが、他の金属上には析出しない等の現象があり、さらに膜を厚く形成することが困難となる。

【0023】

そこで、本実施の形態における図 3 に示す電極構造とすることにより無電解めっきにより所望の構成の金属電極を得ることができる。

つまり、基体 1 の最表面配線層 12 は Al 、 $\text{Al}-\text{Cu}$ 、 $\text{Al}-\text{Si}$ 、 $\text{Al}-\text{Si}-\text{Cu}$ 等、 Al を主成分としたものが主流である。

そこで、 Cu の表面に In を含有した金属膜や、 Sn を主成分とした金属膜を無電解めっきにより形成するのは比較的容易であるが、 Al を主成分とした配線層の上には健全な Cu 、 Au 、 Sn 、 In 膜が形成されないことを確認し、無電解めっきにより必要な電極高さを得るためには、析出速度の比較的大きい Ni を主成分とする膜 (図 3 中、第 5 層 33) より詳しくは、めっき液の還元成分を含んだ $\text{Ni}-\text{P}$ 、 $\text{Ni}-\text{B}$ 等の膜を上記 Al を主成分とした配線層に形成することが最も効果的であることを見出した。

次に、無電解めっきにより Ni を主成分とする膜 (第 5 層 33) に、 Cu 、 Sn 、 In を含有した膜は形成されないことを確認し、上記 Ni を主成分とする膜の上には Au を主成分とした膜 (図 3 中、第 4 層 32) を形成する必要があることを見出した。

また、 Au を主成分とした膜 (第 4 層 32) の上には、無電解めっきにより Sn 、 In を含有した膜が形成しないと共に、 Cu 膜の上以外では健全な In を含有した膜や Sn を含有した膜を形成することが困難であることを確認し、 Au を主成分とした膜の上には Cu を主成分とした膜 (図 3 中、第 3 層 31) を形成する必要があることを見出した。

以上のようにして、図 3 に示す本発明の実施の形態の金属電極に係わる、第 1 金属層 2

1 および第2金属層22の形成が可能となるが、無電解めっきにより形成された上記金属電極は、形状、組成ばらつきが小さく、被接合部に信頼性高く接合することが可能となる。

【0024】

実施の形態4.

本発明の第4の実施の形態の接合方法では、上記実施の形態1～3の金属電極と、被接合部材とを当接し、上記金属電極の第1層と上記第2層との間で生じる共晶反応温度の中で、その最も低い温度以上、かつ上記第1層の融点未満で加熱するが、この時、上記被接合部材の接合面は加熱によりSnと拡散する材料からなるものとする。

上記加熱温度を、上記共晶反応を生じる温度以上とするのは、金属電極を液体状態で接合し、低荷重で接合させるためである。金属電極を固体状態で接合すると酸化膜を破るために大きな荷重が必要となり、半導体装置または電子部品へのダメージが懸念され、特に多ピン化への適用が困難となるからである。

また、最表面にある第1層の融点未満とするのは、電極全体に占める溶融体積を小さくし、隣接電極と接触する危険性を低くするためである。これによってさらに接合温度が低くなるため、熱膨張係数が異なった材料の電極同士を接合する際に生じる反り量や、高分子樹脂等耐熱温度が低い部品へのダメージが低減でき、長期信頼性を向上させることができる。

本実施の形態において、上記のようにして形成される金属接合部は、ボイドや酸化膜の巻き込み等が少なく良好な接合部で、長期信頼性も高い。

また、部品の反りが小さい接合部にはかかる応力も小さく、長期接合信頼性についても有利である。

【0025】

つまり、例えば携帯電話等では上記基体として有機基板を用いた電子部品と、基体として有機フィルムを用いたパターン付きフィルム等の電子部品間を電氣的に接続する接合においては、温度が高くなる程有機基板が熱膨張して、有機基板電極とフィルム電極との位置合わせ精度が低下すると共に、はんだ溶融量が多いと隣接電極との接触危険性が高まり、接合時の荷重が高いと特に有機基板裏面にすでに実装されている電子部品の接合信頼性低下や部品ダメージが懸念されるが、本実施の形態においては上記のように、接合温度が従来より低くなるため、熱膨張係数が異なった部材の電極同士を接合する際に生じる上記ダメージを低減できる等の効果がある。

【実施例】

【0026】

まず、下記実施例に用いる試料と、特性の測定方法について説明する。

<Cuチップ>

5mm角で厚さ0.25mmのCu板を基体および配線層として、上記実施の形態の金属電極の第1、第2層に相当する金属層が設けられたものをCuチップと称する。

<Cu基板>

10mm角で厚さ0.25mmのCu板を被接合部材本体としこれに、無電解めっきにより形成された5μm厚のNi-P膜とこの上に無電解めっきにより0.05μm厚のAu膜が形成されたものをCu基板と称し、これは上記実施の形態の金属電極と接合される被接合部材に相当する。

<Siチップ>

5mm角で厚さ500μmのSi基板を基体とし、これにスパッタ法でAlが1μm厚と、Crが0.02μm厚と、Cuが0.03μm厚とがこの順に形成されたものを配線とし、これに上記実施の形態の金属電極の第1、第2層に相当する金属層が設けられたものをSiチップと称する。

<TEGチップ>

上記実施の形態の金属電極に相当する金属電極を含むテストパターンを有し、導通チェックができるTEG (Test Element Group) ウエハを用い、これを1

0 mm角にパターン通りにダイシングしたものをTEGチップと称するが、これは金属電極間距離が実際の半導体装置に近く、上記CuチップまたはSiチップのように金属電極をベタで形成したものに比べて実際の半導体装置により近いとみなせるものである。

<TEG基板>

上記TEGウエハを20 mm角にダイシングしたものを基板と称し、これは上記本実施の形態の金属電極と接合される被接合部材に相当する。

【0027】

<接合工程>

所定温度に設定した2連式のホットプレートを用い、必要に応じてプッシュゲージで荷重をチップ中央部に上面から加える。

また、必要に応じてフラックス {商品名: RM26, タムラ化研(株)製} または還元成分含有樹脂 {商品名: NUFシリーズ, 日東電工(株)製} を用いた。

【0028】

<接合状態評価>

上記接合工程により接合したサンプルを樹脂に埋込み、上記チップのほぼ中央部の断面を研磨した後電子顕微鏡で観察を行うことにより調査を行った。

上記接合部に未接合部が存在するものは×、未接合部は無いがボイドの占有率が10 vol %を越えるものを△、未接合部は無く、接合部のボイドの占有率が10 vol %以下のものを○として評価した。

<初期接合性評価>

電極を作製後不活性雰囲気中に保存した上記チップおよび基板を用いて、上記接合工程を施すことにより得られた接合部の接合状態を、上記接合評価に基づいて評価した。

<長期保存性>

酸化膜を加速的に成長させるため、上記チップを高温高湿槽(85℃/85%RH)に24時間保持した後、上記接合工程を施すことにより得られた接合部の接合状態を、上記接合評価に基づいて評価した。

<反り評価>

上記SiチップとCu基板とを用いて上記接合工程を施すことにより得られた接合体を全表面の凹凸をレーザー顕微鏡で測定し、相対評価3段階で評価した。

つまり、反りが現行共晶はんだ(Sn-37Pb)のみで接合した場合と同等以下のものを小、上記現行共晶はんだの場合より大きく、Sn-3.5Ag(最低共晶温度: 221℃)のみで接合した場合より小さいものを中、Sn-3.5Agのみで接合した場合と同等以上のものを大として評価した。

【0029】

実施例1~15、比較例1~23。

図1における第1層21および第2層22を、表1、表2に示すような所定元素で所定厚さに電解めっきすることにより形成して本発明の実施例の金属電極を備えた上記Cuチップと、比較例として、本発明の実施例の金属電極の代わりに表1、表2に示すような構成の金属電極を備えた上記Cuチップを作製し、上記各10個ずつのCuチップと上記Cu基板とを接合し、上記初期接合性と長期保存性の評価を実施した。

表中、元素記号の前に数字の記載のないものは残部という意味を示し、具体的には数字の記載のある元素の和を100(wt%)から差し引いた値となり、例えば比較例1において、Sn-37Pbとは63Sn-37Pbと同意である。

なお、表に記載の固相線温度および液相線温度は、所定組成の純金属およびはんだ合金を示差熱計を用いて測定した値である。測定条件は純金属およびはんだ量が約10mg、昇温速度および冷却速度を5℃/分とし、昇温時の最初に出現したピークの最も低温側を固相線温度、冷却時の最初に出現したピークの最も高温側を液相線温度と定義した。

加熱条件は、フラックスを塗布した上記Cu基板のほぼ中央部に、上記Cuチップを載せたものを、120℃に設定したホットプレート上に30秒間加熱した後、180℃に設定したホットプレート上で30秒間加熱して接合し、接合部の接合状態を上記のようにし

て測定し結果を表1、表2に示す。なお、同じ構成の金属電極を有する10個のCuチップと上記Cu基板との接合状態は全て表に示すように評価された。

【0030】

【表1】

| | 第2層 厚 (μm) 固相線-液相線温度 (°C) | 第1層 厚 (μm) 固相線-液相線温度 (°C) | 初期接合性 | 長期保存性 |
|-------|----------------------------------|----------------------------------|-------|-------|
| 比較例1 | Sn-37Pb 150 (183-183) | なし | × | × |
| 比較例2 | Sn-37Pb 100 (183-183) | In 50 | △ | × |
| 実施例1 | In 150 (156-156) | 63Sn-37Pb 150 | ○ | ○ |
| 比較例3 | Sn-3.5Ag 150 (221-221) | なし | × | × |
| 比較例4 | Sn-3.5Ag 100 (221-221) | In 50 (156-156) | △ | × |
| 実施例2 | In 50 (156-156) | Sn-3.5Ag 100 (221-221) | ○ | ○ |
| 比較例5 | Sn 150 (232-232) | なし | × | × |
| 比較例6 | Sn 100 (232-232) | Sn-48Bi 50 (138-152) | △ | × |
| 実施例3 | Sn-48Bi 50 (138-152) | Sn 100 (232-232) | ○ | ○ |
| 比較例7 | Sn-3Ag-0.5Cu 150 (217-219) | なし | × | × |
| 比較例8 | Sn-3Ag-0.5Cu 100 (217-219) | In 50 (156-156) | △ | × |
| 実施例4 | In 50 (156-156) | Sn-3Ag-0.5Cu 100 (217-219) | ○ | ○ |
| 比較例9 | Sn-3Ag-0.5Cu 150 (217-219) | なし | × | × |
| 比較例10 | Sn-3Ag-0.5Cu 100 (217-219) | Sn-49In 50 (120-125) | △ | × |
| 実施例5 | Sn-49In 50 (120-125) | Sn-3Ag-0.5Cu 100 (217-219) | ○ | ○ |
| 比較例11 | Sn-3Ag-0.5Cu 150 (217-219) | なし | × | × |
| 比較例12 | Sn-3Ag-0.5Cu 100 (217-219) | Sn-48Bi 50 (138-152) | △ | × |
| 実施例6 | Sn-48Bi 50 (138-152) | Sn-3Ag-0.5Cu 100 (217-219) | ○ | ○ |
| 比較例13 | Sn-3Ag-0.5Cu 100 (217-219) | In 50 (156-156) | △ | × |

【0031】

【表 2】

| | 第2層 厚 (μm) 固相線-液相線温度 (℃) | 第1層 厚 (μm) 固相線-液相線温度 (℃) | 初期接合性 | 長期保存性 |
|--------|------------------------------------|------------------------------------|-------|-------|
| 実施例 7 | In 50 (156-156) | Sn-3Ag-0.5Cu 100 (217-219) | ○ | ○ |
| 比較例 14 | Sn-1Ag-0.5Cu 150 (217-227) | なし | × | × |
| 比較例 15 | Sn-1Ag-0.5Cu 100 (217-227) | In 50 (156-156) | △ | × |
| 実施例 8 | In 50 (156-156) | Sn-1Ag-0.5Cu 100 (217-227) | ○ | ○ |
| 比較例 16 | Sn-4Ag-1Cu 150 (217-228) | なし | × | × |
| 比較例 17 | Sn-4Ag-1Cu 100 (217-227) | In 50 | △ | × |
| 実施例 9 | In 50 (156-156) | Sn-4Ag-1Cu 100 (217-227) | ○ | ○ |
| 比較例 18 | Sn-4Ag-1Cu 100 (217-227) | Sn-45Bi 50 (138-165) | △ | × |
| 実施例 10 | Sn-45Bi 50 (138-165) | Sn-4Ag-1Cu 100 (217-227) | ○ | ○ |
| 比較例 19 | Sn-4Ag-1Cu 100 (217-227) | Sn-10In 50 (147-152) | △ | × |
| 実施例 11 | Sn-10In 50 (147-152) | Sn-4Ag-1Cu 100 (217-227) | ○ | ○ |
| 比較例 20 | Sn-4Ag-1Cu 100 (217-227) | Sn-20In 50 (140-145) | △ | × |
| 実施例 12 | Sn-20In 50 (140-145) | Sn-4Ag-1Cu 100 (217-227) | ○ | ○ |
| 比較例 21 | Sn-0.5Ag-0.2Cu 100 (220-229) | Sn-1Ag-1Cu-15In 50 (170-215) | △ | × |
| 実施例 13 | Sn-1Ag-1Cu-15In 50 (170-215) | Sn-0.5Ag-0.2Cu 100 (220-229) | ○ | ○ |
| 比較例 22 | Sn-3Ag-0.5Cu 100 (217-219) | Sn-3Ag-1Cu-10Bi 50 (180-210) | △ | × |
| 実施例 14 | Sn-3Ag-1Cu-10Bi 50 (180-210) | Sn-3Ag-0.5Cu 100 (217-219) | ○ | ○ |
| 比較例 23 | Sn-0.7Cu 100 (227-227) | In 50 (156-156) | △ | × |
| 実施例 15 | In 50 (156-156) | Sn-0.7Cu 100 (227-227) | ○ | ○ |

【0032】

上記表から、実施例 1 と比較例 1、実施例 2 と比較例 3 を比較すると、それぞれ最表面が 63Sn-37Pb (融点 183℃) および Sn-3.5Ag (融点 221℃) である。

180℃の加熱温度では、比較例1、比較例3、比較例5、比較例7、比較例9、比較例11、比較例14、比較例16ではいずれも融点以下なので接合はできない。しかし、第2層にInを備えた実施例1、実施例2、実施例4、実施例7、実施例8、実施例9、実施例15では共晶反応を生じることにより第1層の融点が低下し接合が可能となることがわかる。しかし、第1層にInを備えた比較例2、比較例4、比較例8、比較例13、比較例15、比較例17、比較例23では、Snを主成分としたはんだを第1層とした実施例1、実施例2、実施例4、実施例7、実施例8、実施例9、実施例15と比較して、初期接合性が劣り、高温高室処理を施した長期保存性は初期接合性評価結果と比べると低下するのが示される。

【0033】

また、第2層にInだけを用いた代わりに、In-Sn、Sn-Ag-Cu-In等Inを含有した合金を用いる他は上記と同様にして金属電極を形成した、実施例5と比較例10、実施例12と比較例20、実施例11と比較例19、実施例12と比較例20、実施例13と比較例21でも上記同様の接合特性が得られた。なお、上記に示した組成や合金以外でも、例えばBi-InやSn-Bi-In等の合金が同様の効果を示すことは容易に類推できる。

また、上記Inの代わりにSn-BiやSn-Ag-Cu-Bi等Biの共晶反応を応用した比較例6と実施例3、比較例12と実施例6、比較例18と実施例10、比較例22と実施例14でも上記同様の接合特性が得られる。

なお、本実施例の金属電極の第2層としてInを単独で用いると上記のように電極接合を低荷重で行うには効果的であるが、本実施例で示すように、上記第2層を複数種の金属で構成することにより、接合部の再熔融温度の調整、機械特性の調整が容易になる。また上記金属電極に、被接合部材の接合面の金属を含有すると上記金属の接合部への拡散を抑制することができるので、第2層に上記接合面の金属を選択的に含有することにより上記抑制を容易に行うことができるという効果がある。

【0034】

以上より、フラックスを用いて酸化膜除去をしながら現行のはんだを接合する際に、Snと共晶反応を生じる元素を含有する層を備えることにより低温接合を実施するプロセスにおいて、電極構造の第1層をSnを主成分とし、第2層より高融点とすることにより初期接合性および長期保存性が向上する効果を示した。

上記実施例において、膜厚を適当に変化させても同様の効果が得られ、金属層の積層方法をスパッタや蒸着、浸漬等別の方法で実施しても同様の効果が得られる。

【0035】

実施例16～24、比較例24～32。

上記実施例または比較例に示すように、表3に示すような所定元素で所定厚さに電解めっきすることにより本発明の実施例の金属電極または比較例の金属電極を備えた上記Cuチップを作製し、上記各10個ずつのCuチップと上記Cu基板とを接合し、上記初期接合性と長期保存性の評価を実施した。

加熱条件は、フラックスの代わりに還元成分含有樹脂を塗布したCu基板のほぼ中央部に、上記Cuチップを載せたものを、上からプッシュゲージで50gfをかけながら、200℃に設定したホットプレート上で30秒間加熱して接合し、接合部の接合状態を上記のようにして測定し結果を表3に示す。なお、同じ構成の金属電極を有する10個のCuチップと上記Cu基板との接合状態は全て表に示すように評価された。

【0036】

【表 3】

| | 第2層 厚 (μm) 固相線—液相線温度 (°C) | 第1層 厚 (μm) 固相線—液相線温度 (°C) | 初期接合性 | 長期保存性 |
|--------|--|--|-------|-------|
| 比較例 24 | Sn 100 (232-232) | Sn-3Bi 50 (225-229) | × | × |
| 実施例 16 | Sn-3Bi 50 (225-229) | Sn 100 (232-232) | ○ | ○ |
| 比較例 25 | Sn 200 (232-232) | In 50 (156-156) | △ | × |
| 実施例 17 | In 50 (156-156) | Sn 200 (232-232) | ○ | ○ |
| 実施例 18 | In 70 (156-156) | Sn-33Pb 100 (183-245) | ○ | ○ |
| 比較例 26 | Sn-33Pb 100 (183-189) | In 70 (156-156) | △ | × |
| 比較例 27 | Sn-3.0Ag-0.5Cu 100 (217-219) | Sn-49Bi 65 (138-152) | △ | × |
| 実施例 19 | Sn-49Bi 65 (138-152) | Sn-3.0Ag-0.5Cu 100 (217-219) | ○ | ○ |
| 比較例 28 | Sn-1.0Ag-0.5Cu 150 (217-227) | Sn-49In 100 (120-125) | △ | × |
| 実施例 20 | Sn-49In 100 (120-125) | Sn-1.0Ag-0.5Cu 150 (217-227) | ○ | ○ |
| 比較例 29 | Sn-3.5Ag 150 (221-221) | Sn-20Bi-20In 70 (130-185) | △ | × |
| 実施例 21 | Sn-20Bi-20In 70 (130-185) | Sn-3.5Ag 150 (221-221) | ○ | ○ |
| 比較例 30 | Sn-3.8Ag-1.1Cu -0.5Co 150 (217-227) | In 50 (156-156) | △ | × |
| 実施例 22 | In 50 (156-156) | Sn-3.8Ag-1.1Cu -0.5Co 150 (217-227) | ○ | ○ |
| 比較例 31 | Sn-0.5Ag-0.2Cu 150 (220-229) | Sn-30In 100 (130-133) | △ | × |
| 実施例 23 | Sn-30In 100 (130-133) | Sn-0.5Ag-0.2Cu 150 (220-229) | ○ | ○ |
| 比較例 32 | Sn-10Au 150 (217-217) | In 100 (156-156) | △ | × |
| 実施例 24 | In 100 (156-156) | Sn-10Au 150 (217-217) | ○ | ○ |

【0037】

本結果より、還元成分含有樹脂を用いて荷重をかけながら接合した場合は、フラックスを用いた上記実施例と比較例の場合の関係と同様である。

つまり、全て熔融した接合部が両者で同様の組成になる組合せでも、電極構造を第1層

をSnを主成分として、第2層より高融点とすることにより、初期接合性および長期保存性が向上することがわかる。

また同様の効果が得られるように各層を合金化しても同様の効果が得られることは、容易に類推できる。

【0038】

なお、本発明の実施例の金属電極を用いて得られた接合部の再熔融温度が低すぎると、能動素子の発熱や環境温度による接合部溶融で接合信頼性が低下する傾向があるので、上記接合部における、Inの含有量はSnに対して10wt%以下であることが望ましい。

同様に、Biの場合は、3wt%以下であることが望ましく、Pb、Cd、Hg等有害物質は含有しないことが望ましい。

【0039】

実施例25～30。

表4のA～Fに示すようにして、図1に示すような上記Siチップの第1層および第2層を形成して本発明の実施例の金属電極を作製するが、熔融後の組成がそれぞれ共晶組成であるSn-0.7Cu（実施例25）、Sn-3.5Ag（実施例26）、90Sn-10Au（実施例27）、63Sn-37Pb（実施例28）、Sn-58Bi（実施例29）、Sn-49In（実施例30）となるように上記第1、第2層の厚さを調整し、合計厚が100μmになるように電解めっきにより形成し、このようなSiチップを各10個づつ作製した。

【0040】

【表4】

| | 第2層 (固相線-液相線) | 第1層 (固相線-液相線) | 最低共晶反応元素 | 最低共晶温度 (°C) |
|---|------------------------|--------------------------|----------|----------------|
| A | Sn (232°C) | Sn-40Cu (415°C) | Cu-Sn | 227°C |
| B | Sn (232°C) | Sn-48Ag (221°C-480°C) | Sn-Ag | 221°C |
| C | Sn (232°C) | Sn-49Au (309°C-380°C) | Au-Sn | 217°C |
| D | Sn-10Pb | Sn (232°C) | Sn-Pb | 183°C |
| E | Sn-80Bi (138-200°C) | Sn-3Bi (225-228°C) | Sn-Bi | 138°C |
| F | In (156°C) | Sn (232°C) | Sn-In | 120°C |

【0041】

次に、上記Siチップを、フラックスを塗布したCu基板のほぼ中央部に載せて、230または250°Cに設定したホットプレート上に30秒間載せることにより加熱して、大気放冷により接合サンプルを製作した。

これらの反りを上記反り評価に基づいて、大、中、小として評価し、各接合温度における接合状態と反りの結果を表5に示す。なお、同じ構成の金属電極を有する10個のSiチップと上記Cu基板との接合状態は全て表に示すように評価された。

【0042】

【表 5】

| 接合温度 | | 実施例 25 | 実施例 26 | 実施例 27 | 実施例 28 | 実施例 29 | 実施例 30 |
|------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | はんだ組成 | A | B | C | D | E | F |
| 230℃ | 反り | 大 | 中 | 小 | 小 | 小 | 小 |
| | 接合状態 | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | フラックス焦げ | なし | なし | なし | なし | なし | なし |
| 250℃ | 反り | 大 | 中 | 小 | 小 | 小 | 小 |
| | 接合状態 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | フラックス焦げ | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 |

【0043】

表5より、Siチップと基板のように熱膨張係数の異なるものを接合した際に発生する反りは、基本的に接合後の接合部分の融点（接合部の再熔融温度）に依存することが分かる。すなわち接合後の融点が高いほど反りは小さくなる。したがって、接合温度もできるだけ低いことが望ましい。

積層構造を有する電極の場合、加熱温度下で熔融した部分が接合材となり、これが上記はんだの融点にはほぼ相当するため、第1層と第2層とが溶け出す温度、すなわち第1層と第2層とで生じる共晶反応の最低温度は、221℃以下であることが望ましい。より望ましくは、現行共晶はんだの融点である183℃以下である。

【0044】

表5より、加熱温度が250℃になるとフラックスの成分が焦げるようになることがわかる。この焦げたフラックスは洗浄しても落ちず、また塩素イオン等を含有しているので、高温・高湿状態では絶縁信頼性の低下が懸念され、フラックスを用いた場合はホットプレート設定温度が230℃以下が望ましいことがわかる。

また、表5より、230℃以下での接合では、接合後の融点221℃以下のB～Fが、反りが大きくなり接合状態も良好であり電子部品接合に望ましいことがわかる。

上記現象は還元成分含有樹脂を用いた場合にはさらに深刻で、200℃を大きく越えると一般の高分子樹脂は焦げてしまうため、この観点からも接合温度は低いことが望ましい。

上記のような酸化膜除去プロセスを行わなくても接合は可能だが、反り、接合信頼性の観点からも、極力低温で接合できることが望ましい。

【0045】

実施例 31.

無電解めっきにより上記TEGウエハのAl配線層上に、35μm厚のNi-P膜、0.05μm厚のAu膜、3μm厚のCu膜、0.05μm厚のIn膜、2μm厚のSn膜をこの順に図3に示すように積層して本発明の実施例の金属電極を製造し、上記と同じTEGウエハのAl配線層上に電解めっきにより高さ40μm狙いでSnバンプを形成したものとについて、上記ウエハの中央部と端部からとったチップの同じ位置の電極高さの測定を実施した。

その結果無電解めっきにより形成した方が高さばらつきが小さく、初期接合性により優れることが明確となった。

【0046】

実施例 32.

TEGチップとして、パターン中の電極が180μmピッチで電極全体が高さ70μm×φ70μmとなるように、電解めっきによりCu配線層上に5μm厚のNi膜、30μm厚のIn膜、35μm厚のSn膜をこの順に積層したものを用い、TEG基板として、Cu配線途中にφ85μmとなるようにレジストを用いて開口し、この開口部に浸漬によりSn-3.5Agはんだを高さ約50μmに被覆（バンピング）した。

【0047】

上記TEGチップと基板とをフリップチップボンダで位置あわせをして、接合温度190℃または240℃でフラックス無しでスクラブ（左右にチップを揺らす。機械的にはんだの酸化膜を破ることを目的とする）しながら荷重20gfでの接合を各10個行った。

上記接合サンプルを透過X線でチェックした結果、190℃で接合したものは全て良好であったが、Snの融点（232℃）以上である240℃で加熱したものは、ところどころに隣接バンプと接触している（ブリッジ）ものがあった。

この結果より、第1層の融点以上で加熱すると狭ピッチ化した場合ブリッジの危険性が高くなることがわかる。

【0048】

上記TEGチップと基板を用いて、スクラブなしで、還元成分含有樹脂を上記基板電極表面に塗布して上記と同様にして接合温度240℃で接合すると、樹脂の巻き込みに起因すると推測されるボイドが多く見られた。

【0049】

実施例33、比較例33、34。

図4に示すように、ポリイミドフィルムを基体51とし、この基体51に電解めっきにより、配線50としてパターンを有する150μm角の銅電極を0.3mmピッチで形成し、上記銅電極にそれぞれ実施例4、比較例7、比較例8で用いた金属電極52を形成して、各々実施例33、比較例33、比較例34による電子部品を製造する。

被接合部材として、ガラスエポキシ基板53を被接合部材本体とし、上記と同様のパターンを有する銅電極に無電解めっきにより5μm厚のNi-P膜、さらにその表面に0.05μm厚のAu膜を積層して被接合面となる電極54とした。

上記各10個ずつの電子部品と被接合部材とを、荷重と温度を制御できる本パターンに対応しうる所定パルスヒータを用いて接合する。

なお、上記電子部品と被接合部材の電極とは、それぞれに設けられた孔55にパルスヒータステージに備えられている位置合わせピンを通すことにより、位置を合わせるものとする。

接合部温度200℃、荷重100gf、加熱時間10秒とし、初期接合性および長期保存性を評価した結果、200℃の加熱温度では、実施例4、比較例7、比較例8と同様、比較例33は融点以下なので接合はできず、第2層にInを備えた実施例33では共晶反応を生じることにより第1層の融点が低下し接合が可能となる。しかし、第1層にInを備えた比較例34では、Snを主成分としたはんだを第1層とした実施例33と比較して、初期接合性が劣り、高温高室処理を施した長期保存性は初期接合性評価結果と比べると低下する。

なお、同様の実験を実施例1～15、比較例1～23で用いた電極を用いて本実施例と同様に検討を行ったが、同様の傾向を示すことを確認した。

接合部温度240℃、荷重100gf、加熱時間10秒として、上記と同様の実験を行い、接合後の電極位置ずれの様子を光学顕微鏡で確認したが、全サンプルとも接合部温度が200℃の場合と比較して位置ずれが大きい傾向を示した。

以上のことから、温度が低いほど接合信頼性が高いことは容易に類推できる。

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図1】本発明の第1の実施の形態の金属電極が電極端子となる接合工程を説明する断面図である。

【図2】図1に示した被接合部材の具体的な構成を示す断面図である。

【図3】本発明の第3の実施の形態の金属電極の断面図である。

【図4】フィルム基体に設けた本発明の実施例の金属電極の接合状態を示す断面図である。

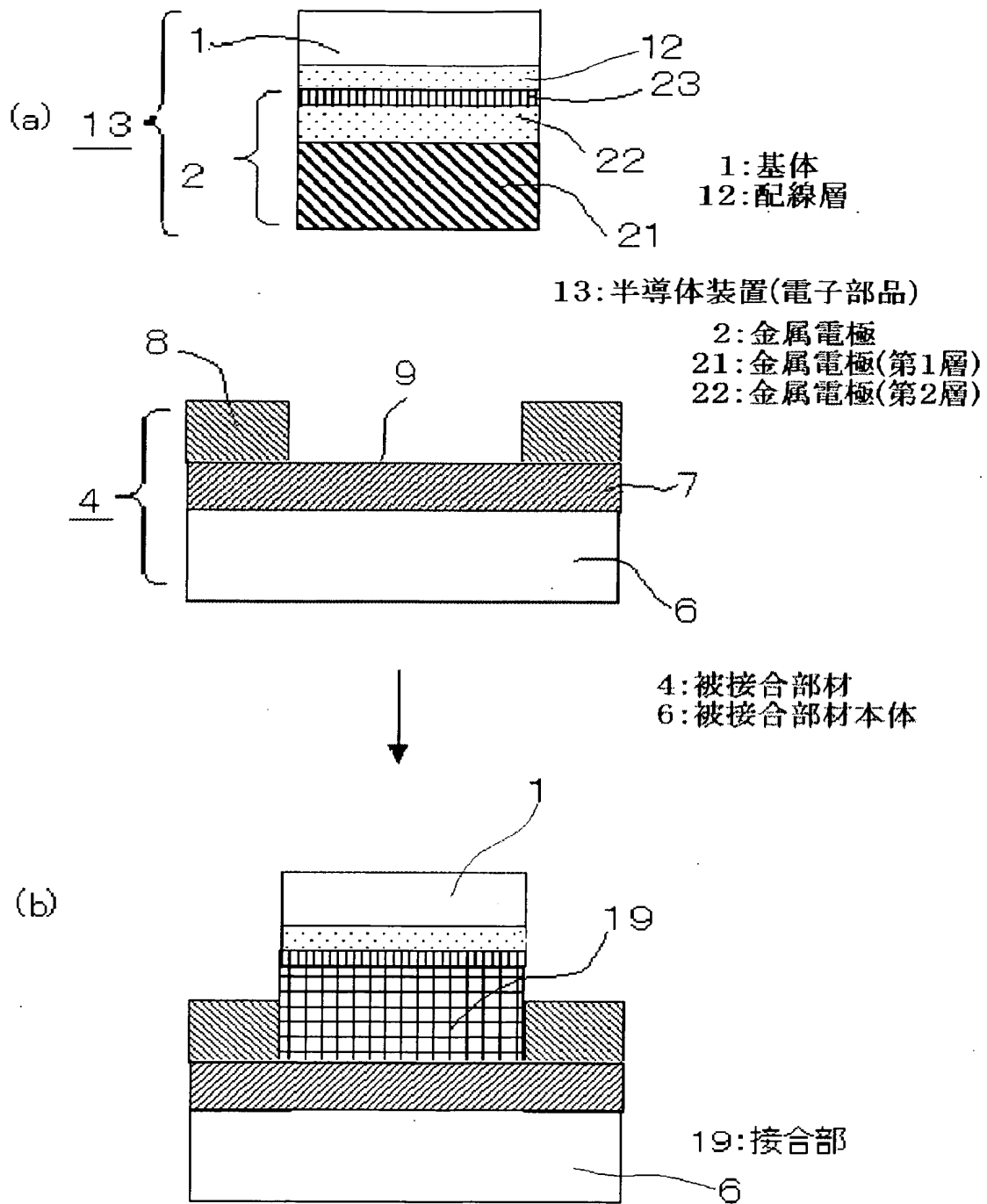
【符号の説明】

【0051】

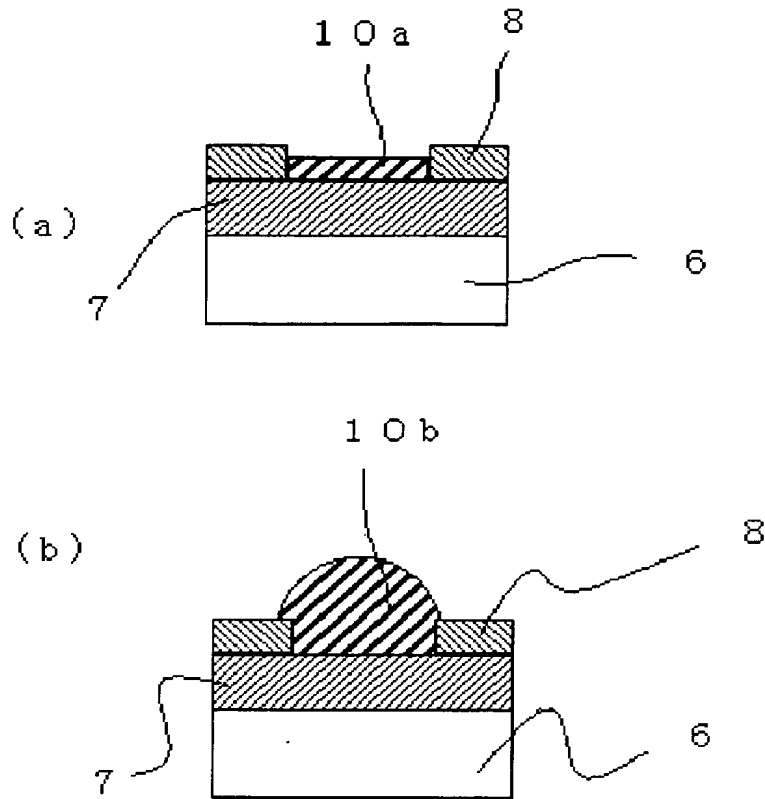
1 基体、12 配線層、13 半導体装置（電子部品）、2 金属電極、21 金属

電極（第 1 層）、2 2 金属電極（第 2 層）、3 1 金属電極（第 3 層）、3 2 金属電極（第 4 層）、3 3 金属電極（第 5 層）、4 被接合部材、1 9 接合部、5 2 金属電極。

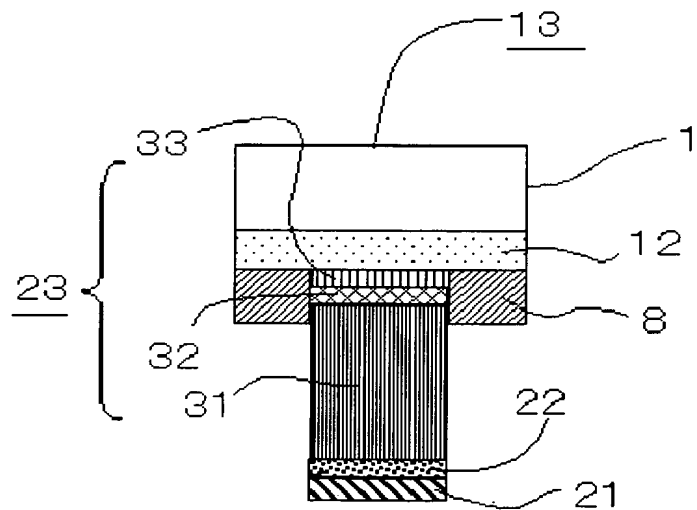
【書類名】 図面
【図 1】



【図 2】

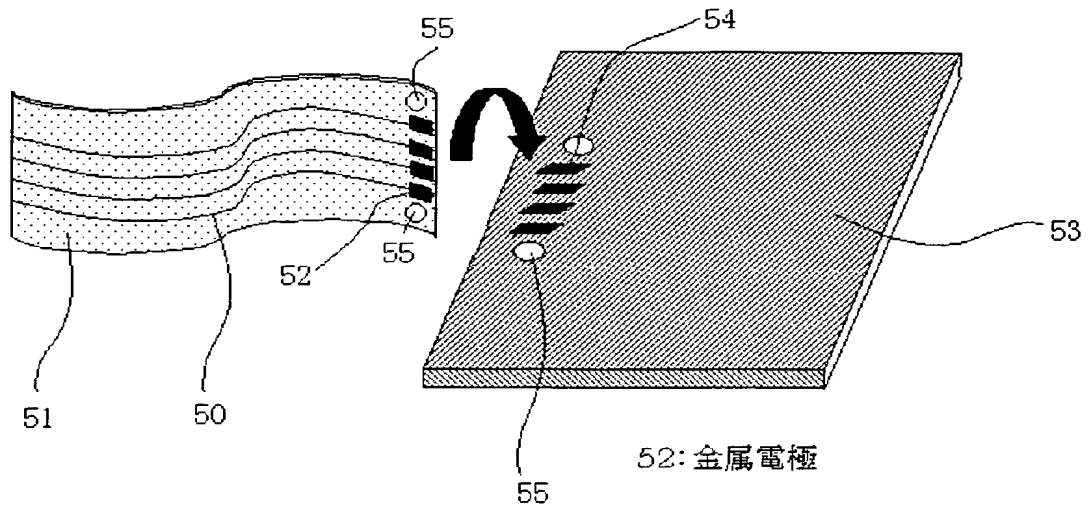


【図 3】



31: 金属電極 (第3層)
 32: 金属電極 (第4層)
 33: 金属電極 (第5層)

【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 低温かつ低荷重で、溶融量を低減した接合が可能で、かつ長期保存性に優れた金属電極を得る。

【解決手段】 金属電極 2 は、半導体装置本体 1 に設けられ、最表面から上記半導体装置本体 1 に向かって第 1 層 2 1 と第 2 層 2 2 と第 3 層 2 3 とを積層したもので、第 1 層 2 1 は錫 (S n) を主成分とし、第 2 層 2 2 が S n と共晶反応を生じる金属元素を含有し、かつ上記第 1 層 2 1 の融点が第 2 層 2 2 の融点より高いもので、第 3 層 2 3 は下地電極として設けたものである。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

| | |
|---------|--------------------------|
| 特許出願の番号 | 特願 2 0 0 3 - 3 5 7 5 9 1 |
| 受付番号 | 5 0 3 0 1 7 2 6 5 1 3 |
| 書類名 | 特許願 |
| 担当官 | 第五担当上席 0 0 9 4 |
| 作成日 | 平成 1 5 年 1 0 月 2 2 日 |

< 認定情報・付加情報 >

【特許出願人】

| | |
|----------|-----------------------|
| 【識別番号】 | 000006013 |
| 【住所又は居所】 | 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 |
| 【氏名又は名称】 | 三菱電機株式会社 |

【代理人】 申請人

| | |
|----------|---------------------------------------|
| 【識別番号】 | 100102439 |
| 【住所又は居所】 | 東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号 三菱電機 株式会社内 |
| 【氏名又は名称】 | 宮田 金雄 |

【選任した代理人】

| | |
|----------|---------------------------------------|
| 【識別番号】 | 100092462 |
| 【住所又は居所】 | 東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号 三菱電機 株式会社内 |
| 【氏名又は名称】 | 高瀬 彌平 |

特願 2 0 0 3 - 3 5 7 5 9 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 6 0 1 3]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 4 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号

氏 名

三菱電機株式会社